



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el
tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito –
Carabayllo, 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR

Gian Marco Torres Callupe

ASESOR

MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco


LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2017-II

JURADO CALIFICADOR

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 08 Fecha : 12-09-2017 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Torres Callupe, Gian Marco** cuyo título es:

“Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017”

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 14 (número)
Catorce (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho 09 de Diciembre del 2017.

x 
Dr. MILTON CESAR TULME CHAVESTA

PRESIDENTE

x 
Mg. FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI

SECRETARIO

x 
Mg. WILBER SAMUEL QUIJANO PACHECO

VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A Mi madre Mery Callupe Gonzales, por darme la vida, amarme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias, todo esto te lo debo a ti.

Mi padre Orlando Torres Palomino, por apoyarme y darme una carrera

A Mi hermana, Gianella Danuska Torres Callupe, por estar conmigo y apoyarme siempre.

A Mi novia Kathia Violeta Morales Vilchez por los ánimos y apoyo incondicional, porque siempre estuviste ahí, gracias.

A Mis pequeños Bolt, bebe, Mely, Tony, Yiyu, Oso, Pepe, Pepito, que desde el cielo sé que aún me acompañan gracias por haber formado parte de mi vida.

A mis engreídos Dreiko, bella y mi negrita que con sus travesuras alegran mis días, gracias.

A mis amigos Héctor Iván Baldera Caman, María Elena al igual que al profesor Jorge Ocaris Bojorquez que en vida siempre me apoyaron, gracias.

A Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Cesar Vallejo de San Juan de Lurigancho por brindarme las herramientas para desarrollarme en mi carrera profesional.

A Dios por todas las cosas que me ha dado a lo largo de mi vida por las lecciones y oportunidades que me enseñaron y que hicieron de mí una mejor persona, por haberme dado la familia que tengo y porque jamás me dejaron solo.

A mis padres, Mery Callupe Gonzales y Orlando Torres Apolinario por la persona que soy, por la educación que desde pequeño me dieron y por todo el amor que siempre me brindaron por los buenos consejos que nunca faltaron.

A mi novia Kathia Violeta Morales Vílchez que gracias a su apoyo incondicional, por las veces que necesitaba un consejo siempre estuvo ahí motivándome a que siga adelante.

A mi hermana Gianella Danuska Torres Callupe por apoyarme en esta investigación.

A mi asesor de manera especial el M Sc Wilber Samuel Quijano Pacheco, por sus asesorías y sus sabios consejos que me permitió desarrollar esta tesis.

Al Ing. Antonio Delgado Arenas, por brindarme su apoyo, su valioso tiempo, conocimientos y sugerencias

Al Señor Víctor Raúl Retamozo Huamán, quien me apoyo en el transcurso del desarrollo de tesis.

A mis amigos que me apoyaron durante los análisis de laboratorio.

DECLARATORIO DE AUTENTICIDAD

Yo, **Torres Callupe Gian Marco**, con DNI N° **71262785**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grado y títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda documentación es auténtica y veraz.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en la norma académica de la Universidad César Vallejo.

Lima - diciembre del 2017



.....
Torres Callupe Gian Marco

DNI: 71262785

PRESENTACIÓN

Señores miembro del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada **“Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Gian Marco Torres Callupe

INDICE

PAGINAS PRELIMINARES

JURADO CALIFICADOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIO DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN	xiv
ABSTSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Trabajos Previos.....	4
1.3 Teorías relacionadas al tema	12
1.4. Formulación del problema:.....	23
1.5 Justificación del estudio:	23
1.6 Hipótesis:.....	24
1.7 Objetivos:.....	25
II. MÉTODO	26
2.1 Diseño de Investigación:	26
2.2 Variables, operacionalización	26
Fuente: Elaboración propia	28
2.3 Población y muestra:	29
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:.....	29
2.5 Método de análisis de datos.....	40
2.6 Aspectos éticos:	41
III. RESULTADOS	42
IV. DISCUSIÓN.....	75
V. CONCLUSION.....	78
VIII. RECOMENDACIONES.....	79
VIII. REFERENCIAS	80
ANEXOS	88

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Taxonomía de la especie <i>Typha dominguensis</i> (Totora)	18
Tabla N° 2: Métodos de ensayos.....	35
Tabla N° 3: Estándares de calidad Ambiental para aguas de categoría 3 (agua para riego de vegetales y bebida de animales)	36
Tabla N° 4: Valoración de expertos	39
Tabla N° 5: Medida de la granulometría de cada sustrato.....	42
Tabla N° 6: Datos importantes para el diseño del humedal artificial.....	42
Tabla N° 7: Determinación del caudal a la entrada de los humedales.....	43
Tabla N° 8: Determinación del caudal a la salida de los humedales	44
Tabla N° 9: Parámetros físico y químicos iniciales de las aguas grises domesticas	45
Tabla N° 10: Resultados después del tratamiento N° 1	46
Tabla N° 11: Resultados después del tratamiento N°2.....	47
Tabla N° 12: Eficiencia de remoción de cada tratamiento	50
Tabla N° 13: Desarrollo de la especie <i>Typha dominguensis</i> en el humedal artificial - altura	53
Tabla N° 14: Desarrollo de la especie <i>Typha dominguensis</i> en el humedal artificial – N° de especies	55
Tabla N° 15: Desarrollo de la especie <i>Typha dominguensis</i> - Biomasa	57
Tabla N° 16: Prueba de normalidad para DBO5 inicial y DBO5 final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	59
Tabla N° 17: Prueba de T-Student para DBO5 inicial y DBO5 final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	59
Tabla N° 18: Prueba de normalidad para DQO inicial y DQO final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	60
Tabla N° 19: Prueba de T-Student para DQO inicial y DQO final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	61
Tabla N° 20: Prueba de normalidad para pH inicial y pH final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	61

Tabla N° 21: Prueba de T-Student para pH inicial y pH final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	62
Tabla N° 22: Prueba de normalidad para fosforo inicial y fosforo final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	62
Tabla N° 23: Prueba de T-Student para fosforo inicial y fosforo final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	63
Tabla N° 24: Prueba de normalidad para turbiedad inicial y turbiedad final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	63
Tabla N° 25: Prueba de T-Student para turbiedad inicial y turbiedad final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	64
Tabla N° 26: Prueba de normalidad para SST inicial y SST final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	64
Tabla N° 27: Prueba de T-Student para SST inicial y SST final - Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	65
Tabla N° 28: Prueba de normalidad para DBO ₅ – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	66
Tabla N° 29: Prueba de T-Student para DBO ₅ – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	66
Tabla N° 30: Prueba de normalidad para DQO – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	67
Tabla N° 31: Prueba T-Student para DQO – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	67
Tabla N° 32: Prueba de normalidad para pH – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	68
Tabla N° 33: Prueba T-Student para pH – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	68
Tabla N° 34: Prueba de normalidad para Fosforo – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	69
Tabla N° 35: Prueba T-Student para Fosforo – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	69
Tabla N° 36: Prueba de normalidad para Turbiedad – Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> vs Humedal artificial sin vegetación	70

Tabla N° 37: Prueba T-Student para Turbiedad – Humedal artificial con la especie Typha dominguensis vs Humedal artificial sin vegetación	70
Tabla N° 38: Prueba de normalidad para SST – Humedal artificial con la especie Typha dominguensis vs Humedal artificial sin vegetación	71
Tabla N° 39: Prueba T-Student para SST – Humedal artificial con la especie Typha dominguensis vs Humedal artificial sin vegetación	71

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico N° 1: Resultados antes y después del tratamiento con los humedales artificiales con vegetación y sin vegetación de las aguas grises domesticas	48
Grafico N° 2: Comparación de los promedios de los 2 tratamientos con el Eca para agua de categoría 3 y FAO.	49
Grafico N° 3: Comparación de los tratamientos con el humedal artificial con vegetación y sin vegetación	51
Grafico N° 4: Eficiencias de ambos tratamientos	52
Grafico N° 5: Desarrollo de Typha dominguensis - Altura.....	54
Grafico N° 6: Desarrollo de la especie Typha dominguensis en el humedal artificial – N° de especies	56
Grafico N° 7: Desarrollo de la especie Typha dominguensis - Biomasa	58
Grafico N° 8: Regresión lineal del desarrollo de la especie Typha dominguensis - Altura.....	73
Grafico N° 9: Regresión lineal del desarrollo de la especie Typha dominguensis – N° de especies	74

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Puntos de muestreo (Entrada y salida del humedal).....	34
Figura N° 2: Diseño general de los humedales artificiales subsuperficial vertical con vegetación y sin vegetación.....	37

Figura N° 3: Dimensiones de las cajas de concreto para el diseño del prototipo de humedal	38
Figura N° 4: Representación gráfica del medio granular cada 10 cm	38
Figura N° 5: Materiales utilizados para la construcción de los cajones del humedal	95
Figura N° 6: Construcción de los encofrados reforzado con fierro de 5/8	95
Figura N° 7: Armado de encofrado de los cajones para el humedal artificial.	96
Figura N° 8: Vaciado de mezcla de concreto.	96
Figura N° 9: Instalación de tubo de ½ con orificios cada 2 cm para el riego del humedal artificial de forma vertical.	97
Figura N° 10: Instalación de tubería de 2" para aireación.	97
Figura N° 11: Instalación del cilindro de 200 litros con llaves de paso y tuberías de ½" y 2"	97
Figura N° 12: Agregado de confitillo	98
Figura N° 13: Agregado de arena gruesa.....	98
Figura N° 14: Humedal con los 3 sustratos	98
Figura N° 15: Recolección de la especie <i>Typha dominguensis</i> de los Pantanos de Ventanilla.....	99
Figura N° 16: Recolección de la especie según sus características	99
Figura N° 17: Primeros días de siembra de la Totorá	99
Figura N° 18: Especie adaptada a los 15 días	99
Figura N° 19: Aparición de pequeños brotes a los 30 días de Totorá en el humedal	100
Figura N° 20: Crecimiento a los 60 días de los brotes	100
Figura N° 21: Crecimiento de los brotes después de 90 días	100
Figura N° 22: Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> (totorá) después de 120 días	100
Figura N° 23: Muestra de agua antes del tratamiento	101
Figura N° 24: Recolección de muestras de agua a tratar	101
Figura N° 25: Preservante H ₂ SO ₄ para la muestras de agua	101
Figura N° 26: Muestras refrigeradas	101
Figura N° 27: Entrega de muestras de aguas grises domésticas.....	101

Figura N° 28: Recepción de muestras de aguas grises domésticas por parte de la empresa ECOLAB R.L	101
Figura N° 29: Embaces de plástico para el muestreo de las aguas después del tratamiento	102
Figura N° 30: Muestreo de agua después del tratamiento con los humedales artificiales con y sin vegetación	102
Figura N° 31: Muestreo de aguas después del tratamiento con los humedales artificiales	102
Figura N° 32: Muestras refrigeradas	102
Figura N° 33: Traslado de las muestras en cooler	102
Figura N° 34: Muestra de agua tratada con el humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i>	102
Figura N° 35: Peso de cada sustrato.....	103
Figura N° 36: Tamizado de confitillo.....	103
Figura N° 37: Tamizado de arena gruesa	103
Figura N° 38: Tamizado de arena fina.....	103
Figura N° 39: Agitador de tamices.....	103
Figura N° 40: Comparando de los resultados de cada sustrato con la tabla de abertura granulométrica	103
Figura N° 41: Preparación de soluciones para DQO.....	104
Figura N° 42: Análisis de DQO con el colorímetro	104
Figura N° 43: Análisis para fosforo total	104
Figura N° 44: Soluciones para determinar la Curva de calibración para Fosforo total	104
Figura N° 45: Análisis de fosforo total con el espectrofotómetro	104
Figura N° 46: Análisis de DBO_5	104
Figura N° 47: Análisis de SST	105
Figura N° 48: Peso de disco para determinar SST.....	105
Figura N° 49: Análisis de turbiedad	105
Figura N° 50: Análisis de pH	105
Figura N° 51: Calculo de altura durante de desarrollo a los 30 días de la especie <i>Typha dominguensis</i>	105

Figura N° 52: Calculo de altura a los 120 días de la especie <i>Typha dominguensis</i>	105
Figura N° 53: Traslado de las muestras de <i>Typha dominguensis</i> al laboratorio.	106
Figura N° 54: Determinación de los pesos de la especie <i>Typha dominguensis</i>	106
Figura N° 55: Secado de las muestras de la especie <i>Typha dominguensis</i>	106
Figura N° 56: Determinación de biomasa de la especie <i>Typha dominguensis</i>	106

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo N° 1: Ubicación del AA.HH – San Benito.	89
Anexo N° 2: Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito - Carabayllo, 2017.	90
Anexo N° 3: Ficha de observación	92
Anexo N° 4: Ficha de observación para la recolección de datos en laboratorio	93
Anexo N° 5: Ficha de observación para la recolección de datos en laboratorio	94
Anexo N° 6: Construcción del humedal artificial, siembra y desarrollo de la especie <i>Typha dominguensis</i>	95
Anexo N° 7: Recolección de las muestras de agua antes del tratamiento y después del tratamiento con humedales artificiales	101
Anexo N° 8: Análisis granulométrico de cada sustrato, análisis de las muestras de agua y determinación de biomasa de la especie <i>Typha dominguensis</i>	103
Anexo N° 9: Determinación de parámetros físico-químico de las muestras de aguas grises domesticas tratadas por el humedal artificial con la especie (<i>Typha dominguensis</i>) y el humedal artificial sin vegetación (testigo)	107
Anexo N° 10: Validación de Instrumentos de recolección de datos	111
Anexo N° 11: Informe de ensayo	121
Anexo N° 12: Informe de ensayo	122
Anexo N° 13: Informe de ensayo-Ecolab	123
Anexo N° 14: Ensayo N°5-2017-II-Tesis, Laboratorio de Biotecnología – UCV, Informe de resultados	124

RESUMEN

Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito - Carabayllo, 2017

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* en el tratamiento de aguas grises domésticas, para lograr dicho objetivo se construyó y comparo dos humedales artificiales de tipo subsuperficial vertical utilizando 3 tipos de sustrato (arena fina, arena gruesa y confitillo) además de la especie *Typha dominguensis* que fue extraída de los pantanos de Ventanilla, ambos humedales tienen las mismas dimensiones, sustratos iguales las cuales fueron puestas en capas de 10 cm de alto a excepción que uno presenta la especie *Typha dominguensis* conocido comúnmente como totora (tratamiento 1) y el otro humedal solo contiene sustrato este se utilizó como testigo (tratamiento 2), las dimensiones para la construcción de los humedales fueron 100 cm de largo, 50 cm de ancho y 40 cm de alto, a su vez se construyó dos unidades experimentales que tienen las mismas características de cada tratamiento. El agua para el tratamiento con los humedales artificiales son tomadas de las conexiones de las redes de alcantarillado de la vivienda ubicada en el AA.HH. San Benito ubicado en Carabayllo – Lima de ello se determinó el grado de remoción de los contaminantes físico químicos presentes en las aguas grises domésticas. El monitoreo de los parámetros de tratamiento de aguas se realizó bajo el protocolo de monitoreo difundido por el ministerio de vivienda y construcción D.S 003 – 2010. Los resultados obtenidos de cada parámetro fueron (DBO₅ 99,92%, DQO 99,80%, SST 99,62%, turbiedad 99,45%, pH 18,13% que es igual a 7,45 y fosforo total (P) 99,98%), concluyendo que los humedales artificiales con la especie *Typha dominguensis* influyen adecuadamente en el tratamiento de aguas grises domésticas y con ello se podría reutilizar el agua tratada como agua de riego de categoría 3 según los Estándares de calidad ambiental y la normativa internacional FAO (organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura).

PALABRAS CLAVES: *Typha dominguensis*, humedales artificiales, contaminantes físicos - químicos, tratamiento de agua.

ABSTRACT

Artificial wetland with the species *Typha dominguensis* for the treatment of domestic gray water, AA.HH. San Benito - Carabayllo, 2017

The objective of the present investigation was to evaluate the artificial wetland with the species *Typha dominguensis* in the treatment of domestic gray water. To achieve this objective, two vertical subsurface artificial wetlands were constructed and compared using 3 types of substrate (fine sand, coarse sand and confitillo) in addition to the species *Typha dominguensis* that was extracted from the swamps of Ventanilla, both wetlands have the same dimensions, equal substrates which were placed in layers of 10 cm high except that one presents the species *Typha dominguensis* commonly known as totora (treatment 1) and the other wetland only contains this substrate was used as a control (treatment 2), the dimensions for the construction of the wetlands were 100 cm long, 50 cm wide and 40 cm high, in turn was built two experimental units that have the same characteristics of each treatment. The water for the treatment with the artificial wetlands are taken from the connections of the sewage networks of the house located in the AA.HH. San Benito located in Carabayllo - Lima, from which the degree of removal of the physical chemical contaminants present in domestic gray water was determined. The monitoring of water treatment parameters was carried out under the monitoring protocol disseminated by the Ministry of Housing and Construction DS 003 - 2010. The results obtained for each parameter were (BOD5 99.92%, COD 99.80%, SST 99.62%, turbidity 99.45%, pH 18.13% which is equal to 7.45% and total phosphorus (P) 99.98%), concluding that artificial wetlands with the *Typha dominguensis* species have an adequate influence on the treatment of domestic gray water and with it, the treated water could be reused as category 3 irrigation water according to the Environmental Quality Standards and the international regulations FAO (United Nations Organization for Food and Agriculture).

Key words: *Typha dominguensis*, artificial wetlands, physical - chemical contaminants, water treatment.

Yo, **Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi**, docente de la Facultad **Ingeniería** y Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo. **Lima Este** (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017", del (de la) estudiante **Gian Marco Torres Callupe**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **18 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 18 de Diciembre del 2017



Firma

Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi

DNI: 072 68863

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------